

## Method of producing magnetoresistive element

Patent Number:  US6074707

Publication date: 2000-06-13

Inventor(s): HASEGAWA NAOYA (JP); MAKINO AKIHIRO (JP); NAKAZAWA YUKIE (JP); SAITO MASAMICHI (JP)

Applicant(s): ALPS ELECTRIC CO LTD (JP)

Requested Patent:  JP10223942

Application Number: US19980018919 19980205

Priority Number(s): JP19970025601 19970207

IPC Classification: H01F1/00

EC Classification: H01F10/32N6, H01F41/32, H01L43/12

Equivalents: JP3219713B2

---

### Abstract

---

The present invention provides a method of producing a magnetoresistive element in which a laminate including a free ferromagnetic layer in which at least magnetization is freely rotated according to an external magnetic field, a non-magnetic layer, and a pinned ferromagnetic layer in which reversal of magnetization is pinned is formed, and is heat-treated for setting different directions of the easy axis of magnetization of the free ferromagnetic layer and the pinned ferromagnetic layer under different conditions. In the heat treatment, first annealing is performed at the predetermined temperature in a magnetic field applied in a first direction, and second annealing is performed in a magnetic field applied in a second direction substantially perpendicular to the first direction so that the easy axis of magnetization of the free ferromagnetic layer is substantially perpendicular to that of the pinned ferromagnetic layer.

---

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-223942

(43)公開日 平成10年(1998)8月21日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 01 L 43/12  
G 01 R 33/09  
G 11 B 5/39  
H 01 F 10/00

識別記号

F I  
H 01 L 43/12  
G 11 B 5/39  
H 01 F 10/00  
G 01 R 33/06

R

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全8頁)

(21)出願番号 特願平9-25601  
(22)出願日 平成9年(1997)2月7日

(71)出願人 000010098  
アルプラス電気株式会社  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号  
(72)発明者 中澤 由紀恵  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプラス電気株式会社内  
(72)発明者 斎藤 正路  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプラス電気株式会社内  
(72)発明者 長谷川 直也  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプラス電気株式会社内  
(74)代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

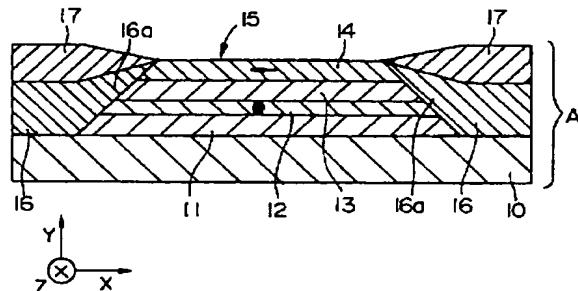
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】 本発明は、出力の向上と安定性の向上、ハーデバイアスのバイアス量低減を図ることができる磁気抵抗効果素子の製造方法の提供を目的とする。

【解決手段】 本発明は、少なくとも磁化が外部の磁界に対して自在に反転する1層のフリー強磁性層14と非磁性層13と磁化反転がピン止めされたピン止め強磁性層12とを具備する積層体15を形成し、前記フリー強磁性層14とピン止め強磁性層12はそれらの磁化容易軸の向きを変えるために必要な熱処理条件の異なるものにするとともに、第1の方向に磁界を付与して所定の温度にて第1のアニールを施し、その後第1の方向と略直交する第2の方向に磁界を印加して第2のアニールを施し、前記フリー強磁性層の磁化容易軸とピン止め強磁性層の磁化容易軸とを略直交させることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁化が外部の磁界に対して自在に反転する1層のフリー強磁性層と非磁性層と磁化反転がピン止めされたピン止め強磁性層とを具備する積層体を形成し、前記フリー強磁性層とピン止め強磁性層をそれらの磁化容易軸の向きを変えるために必要な熱処理条件の異なるものにするとともに、第1の方向に磁界を付与して所定の温度にて第1のアニールを施し、その後第1の方向と略直交する第2の方向に磁界を印加して第2のアニールを施し、前記フリー強磁性層の磁化容易軸とピン止め強磁性層の磁化容易軸とを略直交させることを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項2】 前記第2の方向の磁界を第1の方向の磁界よりも小さい磁界とするか、または、隣接する反強磁性層により磁化をピン止めされたピン止め強磁性層の交換結合磁界よりも小さい磁界とすることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項3】 前記第1の方向の磁界を1kOe～4kOe、前記第2の方向の磁界を50～400Oeとすることを特徴とする請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項4】 前記第1のアニールの保持温度を210～250°C、第2のアニールの保持温度を反強磁性層のブロッキング温度以下とすることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項5】 前記第2のアニールの保持温度を150～250°Cとすることを特徴とする請求項4に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項6】 前記フリー強磁性層をNiFe、CoFe、Co合金のいずれかから形成し、前記非磁性層をCu、CuAu、CuNiのいずれかから形成し、前記ピン止め強磁性層をNiFe、CoFe、Coのいずれかから形成し、前記ピン止め強磁性層をPtMn、NiMn、IrMn、RhMn、PdMn、RuMnのいずれかからなる反強磁性層と隣接させて設けることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ヘッド、位置センサ、回転センサ等に用いられる磁気抵抗効果素子用の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、巨大磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗効果素子の一例として、特公平8-21166号公報に開示されている磁気抵抗効果素子が知られている。この公報に記載された磁気抵抗効果素子Aは、図7に示すように、非磁性の基板1に、軟磁性体からなる第1の強磁性層2と非磁性層3と第2の強磁性層4と反強磁性層5を積層して構成されたものであり、第2の強磁性層

4の磁化の向きBが反強磁性層5による磁気的交換結合により固定されるとともに、第1の強磁性層2の磁化の向きCが、印加磁界がない時に第2の強磁性層4の磁化の向きBに対して直角に向けられている。ただし、この第1の強磁性層2の磁化の向きCは固定されないでフリー状態にされているので外部磁界により回転できるようになっている。

【0003】図7に示す構造に対して印加磁界hを付加すると、印加磁界hの方向に応じて第1の強磁性層2の磁化の向きCが鎖線矢印の如く回転するので、第1の強磁性層2と第2の強磁性層4との間で磁化に角度差が生じることになるために、抵抗変化が起り、これにより磁場検出ができるようになる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】図7に示す構造の磁気抵抗効果素子Aを製造する場合、反強磁性体層5によって作られる交換結合磁界の方向を適切な方向に制御するには、反強磁性層5を成膜する場合に所望の方向（例えば、軟磁性体からなる第1の強磁性層2の磁化容易軸に直交する方向）に磁界を印加させる方法、あるいは、各層を積層後、ブロッキング温度を超える温度に加熱後、軟磁性体からなる第1の強磁性層2の磁化容易軸に対して直交する方向に磁界を印加しながら室温まで急冷する熱処理を行う必要がある。また、前記構造の磁気抵抗効果素子Aにあっては、このような磁界中成膜処理あるいは磁界中熱処理を行って各磁性層の磁気異方性を制御するために、第1の強磁性層2の磁化容易軸の方向と第2の強磁性層4の磁化容易軸の方向は同じ方向に揃えられている。

【0005】しかしながら、2つの強磁性層2、4の磁化容易軸の方向を同じ方向に揃える構造では、磁化的回転がフリーにされてなる第1の強磁性層2の保磁力を小さくすることができず、結果的に第1の強磁性層2で得られる磁化曲線のマイナーループでのヒステリシスが大きくなる問題がある。このため図7に示す従来構造では、バイアス磁界を多めに印加して第1の強磁性層2の磁化の回転を安定化する構造を採用する必要があった。

【0006】本発明は前記事情に鑑みてなされたものであり、磁気抵抗効果と交換結合磁界等の必要な特性を劣化させることなく第1の強磁性層の保磁力を低くすることができ、出力の向上と安定性の向上、並びに、磁気抵抗効果素子に必要なハードバイアスのバイアス量低減を図ることができる磁気抵抗効果素子の製造方法の提供を目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は前記課題を解決するために、少なくとも磁化が外部の磁界に対して自在に反転する1層のフリー強磁性層と非磁性層と磁化反転がピン止めされたピン止め強磁性層とを具備する積層体を形成し、前記フリー強磁性層とピン止め強磁性層はそ

これらの磁化容易軸の向きを変えるために必要な熱処理条件の異なるものにするとともに、第1の方向に磁界を付与して所定の温度にて第1のアニールを施し、その後第1の方向と略直交する第2の方向に磁界を印加して第2のアニールを施し、前記フリー強磁性層の磁化容易軸とピン止め強磁性層の磁化容易軸とを略直交させることを特徴とする。

【0008】本発明は前記課題を解決するために、前記第2の方向の磁界を第1の方向の磁界よりも小さい磁界、または、ピン止め強磁性層の交換結合磁界よりも小さい磁界とすることを特徴とする。前記第1の磁界を1kOe～4kOe、前記第2の方向の磁界を50～400Oeとすることができる。

【0009】本発明において、前記第1のアニールの保持温度を210～250°C、第2のアニールの保持温度を反強磁性層のブロッキング温度以下（ピン止め強磁性層の交換結合磁界が消失する温度）とすることができます。更に本発明において、前記第2のアニールの保持温度を150～250°Cとすることができます。また、本発明において、前記フリー強磁性層をNiFe、CoFe、Co合金のいずれかから形成し、前記非磁性層をCu、CuAu、CuNiのいずれかから形成し、前記ピン止め強磁性層をNiFe、CoFe、Coのいずれかから形成し、前記ピン止め強磁性層をPtMn、NiMn、IrMn、RhMn、PdMnのいずれかからなる反強磁性層と隣接させて設けることができる。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明について更に詳細に説明する。図1は、本発明に係る方法で製造されるべき磁気抵抗効果素子の一形態を示すもので、この形態の磁気抵抗効果素子Aは、基板10上に反強磁性層11とピン止め強磁性層12と非磁性層13とフリー強磁性層14を積層して断面台形状に形成された積層体15と、この積層体15の両側に設けられたハードバイアス用の硬磁性層16、16と、各硬磁性層16上に積層された電極層17を主体として構成されている。この形態の構造において硬磁性層16は、その端部16aにおいて反強磁性層11とピン止め強磁性層12と非磁性層13とフリー強磁性層14の側部を覆って設けられているが、各層の厚さ関係は図面に示したものに限らない。

【0011】前記基板10は、ガラス、Si、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiC、SiC、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とTiCとの焼結体、Znフェライトなどに代表される非磁性材料から形成される。なお、基板10の上面には、基板上面の凹凸やうねりを除去する目的であるいはその上に積層される層の結晶整合性を良好にするなどの目的で被覆層やバッファ層を適宜設けても良い。前記反強磁性層11は、その上に形成されるピン止め強磁性層12に磁気的交換結合力を作用させてピン止め強磁性層12の磁化の向きをピン

止めするためのものであり、この反強磁性層11は、例えばPtMn、NiMn、IrMn、RhMn、PdMn、α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の反強磁性体から形成される。前記強磁性層12、14は、いずれも強磁性体の薄膜からなるが、具体的にはNi-Fe合金、Co-Fe合金、Ni-Co合金、Co、Ni-Fe-Co合金などからなる。また、強磁性層12をCo層から、強磁性層14をNi-Fe合金層から、あるいはCo層とNi-Fe合金層の積層構造から構成することもできる。なお、Co層とNi-Fe合金層との2層構造とする場合は、非磁性層13側に薄いCo層を配置する構造とすることもできる。

【0012】これは、非磁性層13を強磁性層12、14で挟む構造の巨大磁気抵抗効果発生機構にあっては、CoとCuの界面で伝導電子のスピニ存散乱の効果が大きいこと、および、強磁性層12、14を同種の材料から構成する方が、異種の材料から構成するよりも、伝導電子のスピニ存散乱以外の因子が生じる可能性が低く、より高い磁気抵抗効果を得られることに起因している。このようなことから、強磁性層12をCoから構成した場合は、強磁性層14の非磁性層13側を所定の厚さでCo層に置換した構造が好ましい。また、Co層を特に区別して設けなくとも強磁性層14の非磁性層13側にCoの多く含ませた合金構造とし、半体側に向かうにつれて徐々にCo濃度が薄くなるような濃度勾配層としても良い。

【0013】前記非磁性層13は、Cu、Cr、Au、Agなどに代表される非磁性体からなり、好ましくは、20～40Åの厚さに形成されている。ここで非磁性膜13の厚さが20Åより薄いと、強磁性層12と強磁性層14との間で磁気的結合が起こりやすくなる。また、非磁性層13が40Åより厚いと磁気抵抗効果を生じる要因である非磁性層13と強磁性層12、14の界面で散乱される伝導電子の率が低下し、電流の分流効果により磁気抵抗効果が低減されてしまうので好ましくない。

【0014】ハードバイアス層としての前記硬質磁性層16を配置することにより、フリー強磁性層14に縦バイアスが印加され、フリー強磁性層14が単磁区化される。その結果、磁気媒体からの漏れ磁界の検出時にノイズ（バルクハウゼンノイズ）の発生を抑制することができる。前記硬磁性層16は、保磁力の大きな強磁性体膜、例えば、Co-Pt合金、Co-Cr-Pt合金からなることが好ましい。

【0015】以下に、前記構造の磁気抵抗効果素子Aの製造方法について説明する。図1に示す構造の磁気抵抗効果素子Aを製造するには、基板10上に反強磁性層11とピン止め強磁性層12と非磁性層13とフリー強磁性層14を積層し、次いでこれらに後述する条件で熱処理を施し、その後にそれらをパターニング技術を用いてトラック幅に相当する幅を有する断面台形状の積層体15に加工し、更に積層体15の両側に、反強磁性層16

と電極層17を積層することで行う。

【0016】前記の各層を基板10上に形成するには、汎用の技術、例えば、スパッタや蒸着等の薄膜形成装置を用いて合金薄膜などに調製して形成することができる。例えば、成膜装置として、高周波2極スパッタ装置、DCスパッタ、マグネットロンスパッタ、3極スパッタ、イオンビームスパッタ、対向ターゲット式スパッタ等を利用することができます。またスパッタターゲットとしてCoあるいはNi-Fe-Co合金ターゲット上に添加元素のチップを配置した複合ターゲット等を使用できる。

【0017】前記の各層を成膜後、図2(A)に示すようにピン止め強磁性層12と非磁性層13とフリー強磁性層14を平面視した場合に矢印a方向に1~4kOe、例えば、2kOeの磁界を印加しながら210~250°C、例えば、230°Cで数時間、例えば4時間保持後徐冷するアニール処理を施す。なお、本発明において210°C~250°Cとは、210°C以上で250°C以下を意味し、「~」で表示する数値範囲の上限下限は全て「以上」および「以下」で規定されるものとする。ここで加熱温度を210°C以上とするのは、ピン止め強磁性層12とPtMnの反強磁性層11との交換結合を充分に得るために、上限を250°Cとしたのは、これより高い温度では非磁性層13界面の熱的ダメージにより、ΔMRが減少するからである。前記熱処理によってピン止め強磁性層12とフリー強磁性層14の磁化容易軸方向はいずれもa<sub>1</sub>方向となる。

【0018】次に、図2(B)に示すようにピン止め強磁性層12と非磁性層13とフリー強磁性層14を平面視した場合に矢印b方向(前記a方向と直交する方向)に50~400Oe、例えば、100Oeの磁界を印加しながらブロッキング温度以下の150~250°C、より好ましくは180~220°C、例えば、200°Cで数時間、例えば2時間保持後徐冷するアニール処理を施す。ここで上限を250°Cとしたのは、これより高い温度では反強磁性層11のブロッキング温度(ピン止め強磁性層の交換結合磁界が消失する温度)に近づいてH<sub>xi</sub>(ピン止め強磁性層の保磁力)が消失するおそれがあるとともに、ΔMR(磁気抵抗効果)も低下するためである。前記磁界の強さと熱処理によってピン止め強磁性層

12の磁化容易軸方向はa<sub>1</sub>方向で変化しないが、フリー強磁性層14の磁化容易軸方向をb<sub>1</sub>方向に変化させることができる。

【0019】以上のように2段階の磁場中熱処理を行って製造した磁気抵抗効果素子Aは、外部磁場が0の状態では図1に示すように非磁性層11を挟んで上下に隣接する強磁性層12、14のそれぞれの磁化の向きが直交する方向とされるが、この磁気抵抗効果素子Aに図1に示すZ方向に磁気媒体からの漏れ磁界が作用すると、フリー強磁性層14の磁化の向きが回転して移動するようになる。この際に磁化の回転に応じて抵抗が変化するので、この抵抗変化を検出することで、逆に磁場が作用したか否かを検出することができる。そして、前記の構造においては、ピン止め強磁性層12の磁化容易軸方向を図2(A)のa<sub>1</sub>方向、フリー強磁性層14の磁化容易軸方向を図2(B)のb<sub>1</sub>方向と互いに直交させているので、高い磁気抵抗効果を維持した上で磁気媒体からの漏れ磁界、図1Z方向のフリー強磁性層14の保磁力を小さくできる。従って、ハードバイアス構造により印加するバイアスを従来構造よりも薄く印加できるようになり、出力の向上効果を得ることととともに、安定性の向上効果を得ることができる。

【0020】

【実施例】高周波マグネットロンスパッタ装置を用い、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を被覆したSi基板の上に、複数のターゲットを用いてTa(50Å)/PtMn(300Å)/CoFe(30Å)/Cu(22Å)/CoFe(10Å)/NiFe(70Å)/Ta(50Å)の積層構造になるようにスパッタして積層体を作成し、統いて以下の表1に示す条件で2段階の磁場中熱処理を行って磁気抵抗効果素子試料を製造した。この際PtMnはPt<sub>48</sub>Mn<sub>52</sub>(at%)の組成、CoFeはCo<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(at%)の組成、NiFeはNi<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>の組成のものを用いた。また、表1の第1アニール磁界方向とは図2(A)のa<sub>1</sub>方向に磁界を印加しながらアニールすることを意味し、第2アニール磁界方向とは図2(B)のb<sub>1</sub>方向に磁界を印加しながらアニールすることを意味する。

【0021】

【表1】

第1のアニール条件とアニール後の特性				
アニール温度、印加磁界	△MR (%)	H <sub>ex</sub> (Oe)	H <sub>cf</sub> (Oe)	Free層の磁化 容易軸方向
210°C × 4HR, 2kOe	7.7	500	4	第1アニール磁界方向
230°C × 4HR, 2kOe	7.5	700	3	第1アニール磁界方向
	7.5	700	3	第1アニール磁界方向
	7.5	700	3	第1アニール磁界方向
	7.5	700	3	第1アニール磁界方向
	7.5	700	3	第1アニール磁界方向
	7.5	700	3	第1アニール磁界方向
250°C × 2HR, 2kOe	7.5	700	3	第1アニール磁界方向
第2のアニール条件とアニール後の特性				
アニール温度、印加磁界	△MR (%)	H <sub>ex</sub> (Oe)	H <sub>cf</sub> (Oe)	Free層の磁化 容易軸方向
200°C × 2HR, 50 Oe	7.6	500	≤0.5	第2アニール磁界方向
100°C × 2HR, 50 Oe	7.4	700	3	第1アニール磁界方向
180°C × 2HR, 50 Oe	7.5	680	≤0.5	第2アニール磁界方向
200°C × 2HR, 50 Oe	7.4	720	≤0.5	第2アニール磁界方向
220°C × 2HR, 50 Oe	7.4	680	≤0.5	第2アニール磁界方向
200°C × 2HR, 100 Oe	7.5	700	≤0.5	第2アニール磁界方向
200°C × 2HR, 200 Oe	7.4	660	≤0.5	第2アニール磁界方向
200°C × 2HR, 50 Oe	7.3	700	≤0.5	第2アニール磁界方向

: Si基板/アルミナ/Ta50Å/PtMn300Å/CoFe30Å/Cu22Å/CoFe10Å/NiFe70Å/Ta50Å

【0022】表1に示す各試料の△MR（抵抗変化率）、H<sub>ex</sub>（ピン止め強磁性層の交換結合磁界）、H<sub>cf</sub>（図2のa方向のフリー強磁性層の保磁力、即ち、磁気媒体からの漏れ磁界、図1のZ方向の保磁力）の値から明らかのように、第1アニール磁界方向と第2アニール磁界方向を90度変えて行った試料にあっては、磁界方向を変えないで処理した比較例試料に比べ、△MR、H<sub>ex</sub>の値は同等である上に、H<sub>cf</sub>の値が小さくなっていることが明らかである。このH<sub>cf</sub>の値が小さくなると、磁気記録媒体からの漏れ磁界によりフリー強磁性層の磁化的回転がなされる場合に、磁化の回転が高い安定性でもってなされる。また、H<sub>cf</sub>の値を小さくすることでハーフバイアス構造によって印加するバイアスを少なくする

ことができ、出力を向上させることができる。

【0023】高周波マグネットロンスパッタ装置を用い、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を被覆したSi基板の上に、複数のターゲットを用いてTa(50Å)/PtMn(200Å)/CoFe(30Å)/Cu(22Å)/CoFe(10Å)/NiFe(70Å)/CoFe(10Å)/Cu(22Å)/CoFe(30Å)/PtMn(200Å)/Ta(50Å)の積層構造になるようにスパッタして積層体を作成し、続いて以下の表2に示す条件で2段階の磁場中熱処理を行って磁気抵抗効果素子試料を製造した。

【0024】

【表2】

第1のアニール条件とアニール後の特性				
アニール温度、印加磁界	△MR (%)	H <sub>ex</sub> (Oe)	H <sub>cf</sub> (Oe)	Free層の磁化 容易軸方向
210°C × 4HR, 1kOe	10.5	400	4	第1アニール磁界方向
230°C × 4HR, 2kOe	10.3	600	3	第1アニール磁界方向
250°C × 2HR, 4kOe	10.0	600	4	第1アニール磁界方向
第2のアニール条件とアニール後の特性				
アニール温度、印加磁界	△MR (%)	H <sub>ex</sub> (Oe)	H <sub>cf</sub> (Oe)	Free層の磁化 容易軸方向
200°C × 2HR, 100 Oe	10.4	440	≤0.5	第2アニール磁界方向
200°C × 2HR, 100 Oe	10.2	600	≤0.5	第2アニール磁界方向
200°C × 2HR, 100 Oe	10.1	580	≤0.5	第2アニール磁界方向

: Si基板/アルミ/Ta50Å/PtMn200Å/CoFe30Å/Cu22Å/CoFe10Å/NiFe70Å/CoFe10Å/Cu22Å/CoFe30Å/PtMn200Å/Ta50Å

【0025】表2に示す各試料の△MR、H<sub>ex</sub>、H<sub>cf</sub>の値から明らかのように、この試料の構造においても第1アニール磁界方向と第2アニール磁界方向を90度変えて行った試料にあっては、表1の試料と同様のH<sub>cf</sub>の値になっていることが明らかである。従ってこの例の積層構造においても、磁化の回転が高い安定性でもってなされ、ハードバイアスを少なくすることができ、出力を向上できる。また、表2に示す構造では、Ta(50Å)上のPtMn(200Å)とTa(50Å)下のPtMn(200Å)がいずれもピン止め強磁性層となり、2つのCu(22Å)に挟まれたCoFe(10Å)/NiFe(70Å)/CoFe(10Å)がフリー強磁性層を構成するというデュアルタイプの構造であり、この構造の方が表1に示す構造よりも高い△MRを得ることができることも明らかになった。

【0026】図3と図4は、表1に示した試料において、第1のアニール(230°C × 4時間、2kOe)後に得られた試料のR-Hカーブのメジャーループ(ピン止め強磁性層のR-Hカーブ)とマイナーループ(フリー強磁性層のR-Hカーブ)を示し、図5と図6は、第2のアニール(200°C × 2時間、100 Oe)後に得られた試料のR-Hカーブのメジャーループ(ピン止め強磁性層のR-Hカーブ)とマイナーループ(フリー強磁性層のR-Hカーブ)を示す。図3～図6に示す結果から、2段階のアニールを行うことで、フリー強磁性層の保磁力が小さくなっていることが明瞭になった。

#### 【0027】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、非磁性層を介してフリー強磁性層とピン止め強磁性層を積層する

磁気抵抗効果素子を製造する場合に、第1のアニールをピン止め強磁性層の交換結合の方向を規定する磁界印加条件で行い、第2のアニールを保磁力の低いフリー強磁性層の磁化容易軸の方向のみを規定する磁界印加条件で行うので、ピン止め強磁性層とフリー強磁性層の磁化容易軸の方向を90度交差させた磁気抵抗効果素子を得ることができる。そして、この方法により製造された磁気抵抗効果素子は、高い磁気抵抗効果を示す上に、フリー強磁性層の保磁力が小さいので磁気媒体からの漏れ磁界に敏感に反応して磁化の向きが回転するので高い安定性で漏れ磁界を検出できる。また、安定性が高いので、ハードバイアス構造により印加するバイアスを従来構造よりも薄く印加できるようになり、出力の向上効果を得ることができるとともに、安定性の向上効果を得ることができる。

【0028】前記第2の方向の磁界を第1の方向の磁界よりも小さい磁界とするか、または、ピン止め強磁性層の交換結合磁界よりも小さい磁界とすることができ、前記第1の方向の磁界を1kOe～4kOe、前記第2の方向の磁界を50～4000Oeとすることで前述の優れた効果を奏する磁気抵抗効果素子を得ることができる。

更に、前記第1のアニールの保持温度を210～250°C、第2のアニールの保持温度をブロッキング温度以下とができる、前記第2のアニールの保持温度を150～250°Cとすることで前述の優れた効果を奏する磁気抵抗効果素子を得ることができる。

【0029】一方、前記フリー強磁性層をNiFe、CoFe、Co合金のいずれかから形成し、前記非磁性層をCu、CuAu、CuNiのいずれかから形成し、前

記ビン止め強磁性層をNiFe、CoFe、Coのいずれかから形成し、前記ビン止め強磁性層をPtMn、NiMn、IrMn、RhMn、PdMn、RuMnのいずれかからなる反強磁性層と隣接させて設けることで、前述の優れた効果を奏する磁気抵抗効果素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る製造方法で得られる磁気抵抗効果素子の第1の形態の断面図。

【図2】 本発明で施されるアニール時の印加磁界の方向を示すもので、図2 (A) は第1のアニール時の印加磁界の方向を示す図、図2 (B) は第1のアニール時の印加磁界の方向を示す図、図2 (C) は各印加磁界の方向と実施例で得られるR-Hカーブを測定する際の印加磁界方向を示す図。

【図3】 実施例で得られた試料の第1アニール処理後のR-Hカーブのメジャーループを示す図。

【図4】 実施例で得られた試料の第1アニール処理後のR-Hカーブのマイナーループを示す図。

【図5】 実施例で得られた試料の第2アニール処理後のR-Hカーブのメジャーループを示す図。

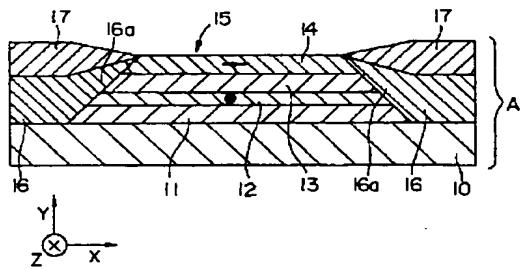
【図6】 実施例で得られた試料の第2アニール処理後のR-Hカーブのマイナーループを示す図。

【図7】 従来の磁気抵抗効果素子の一例を示す構成図。

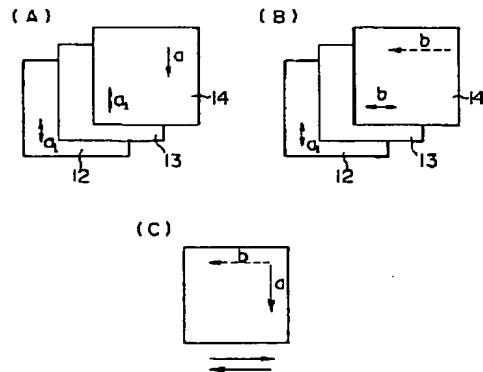
【符号の説明】

A	磁気抵抗効果素子
10	基板
11	反強磁性層
12	ビン止め強磁性層
13	非磁性層
14	フリー強磁性層
16	硬磁性層
17	電極層

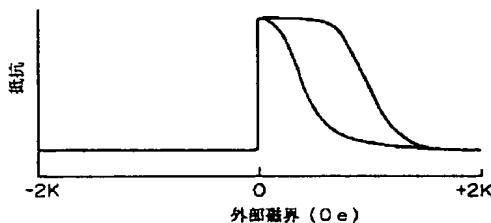
【図1】



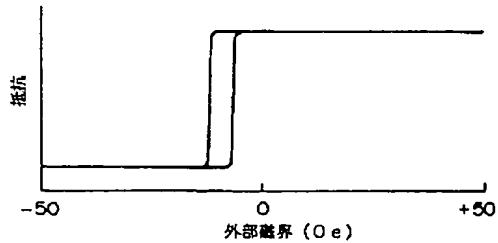
【図2】



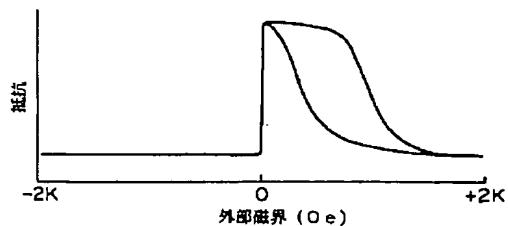
【図3】



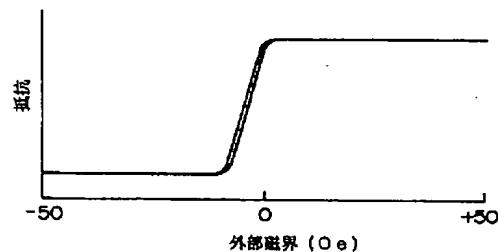
【図4】



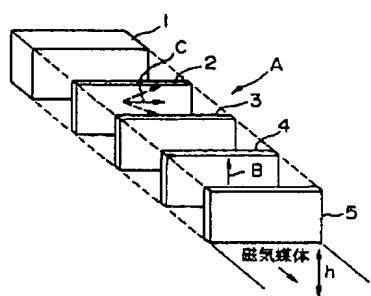
【図5】



【図6】



【図7】




---

フロントページの続き

(72)発明者 牧野 彰宏

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ  
ス電気株式会社内